

10 Rec'd PCT/PTO 22 DEC 2004

10 Rec'd PCT/PTO 23 DEC 2004

519611

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
31 décembre 2003 (31.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/001787 A2

(51) Classification Internationale des brevets⁷ :
H01J 23/207 F-93250 Villemomble (FR). PRULHIERE, Jean-Paul
[FR/FR]; 183, rue Georges Mandel, F-33000 Bordeaux
(FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/001960 (74) Mandataire : RICHARD, Patrick; Brevatome, 3, rue du
Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international : 25 juin 2003 (25.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/07849 25 juin 2002 (25.06.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : VANPOP-
ERYNGHE, Jehan [FR/FR]; 31, boulevard d'Aulnay,

(81) État désigné (national) : US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

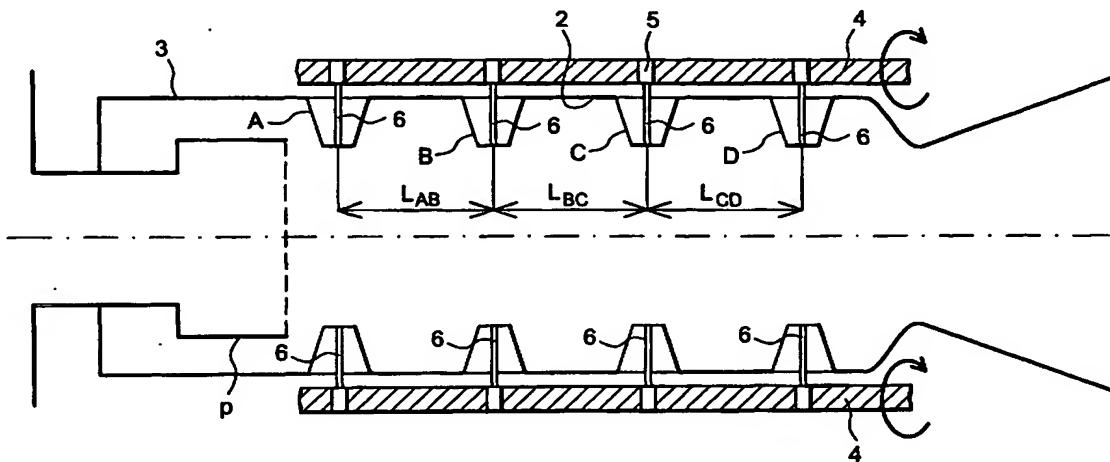
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: MICROWAVE TUBE WITH MECHANICAL FREQUENCY TUNING

(54) Titre : TUBE MICRO-ONDE A ACCORD MECANIQUE DE FREQUENCE



(57) Abstract: The invention relates to a microwave tube (3) for the generation of an electromagnetic wave with a frequency (F). The tube comprises mechanical tuning means for varying the frequency (F), comprising a set of rings (A, B, C, D) defining a periodic structure within the tube and mechanical means (4, 5, 2, G), for displacement of the rings with relation to each other whilst maintaining a periodicity in the periodic structure on displacing said rings. The invention can be applied to all types of microwave tubes, such as TWT or BWO-type tubes, klystrons, magnetrons, carcinatrons, masers, etc.

(57) Abrégé : L'invention concerne un tube micro-onde (3) pour la génération d'une onde électromagnétique de fréquence F. Le tube comprend des moyens mécaniques pour faire varier la fréquence F constitués d'un ensemble d'anneaux (A, B, C, D) définissant une structure périodique à l'intérieur du tube, et de moyens mécaniques (4, 5, 2, G) pour déplacer les anneaux les uns par rapport aux autres tout en maintenant une périodicité à la structure périodique lors du déplacement des anneaux. L'invention s'applique à tout type de tube micro-onde tels que TWT, tube de type BWO, klystron, magnétron, carcinatron, maser, etc.

WO 2004/001787 A2

TUBE MICRO-ONDE A ACCORD MECANIQUE DE FREQUENCE**Domaine technique et art antérieur**

L'invention concerne un tube micro-onde à accord mécanique de fréquence.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des tubes électroniques permettant de générer et/ou d'amplifier des signaux radioélectriques.

Le principe d'un tube micro-onde selon l'art connu est représenté en figure 1. Le tube micro-onde comprend :

- une source d'électrons constituée d'une cathode d'émission K et d'un canon à électrons d'anodes CA pour former un faisceau d'électrons F,
- une bobine de focalisation L produisant un champ magnétique B continu axial baignant le faisceau d'électrons de façon à éviter son expansion par répulsion mutuelle entre électrons,
- une structure hyperfréquence H placée à proximité du faisceau et capable de générer, propager et amplifier une onde électromagnétique, et
- un collecteur C pour recueillir les électrons après interaction avec l'onde.

De nombreuses familles de tubes appliquent le principe de fonctionnement décrit ci-dessus, comme, par exemple, les tubes à onde progressive (TOP), les tubes de type BWO (Back Ward Oscillator), les klystrons, les magnétrons, les carcinotrons, les masers etc.

Ces tubes peuvent fonctionner en mode mono-coup (une seule impulsion) ou en mode récurrent (train

d'impulsions).

Pour fournir de très grandes puissances, les concepteurs utilisent des structures périodiques et/ou des cavités qui permettent d'obtenir de fortes amplifications. Parmi ces structures, il y a les tubes de type BWO dont le schéma de principe est donné en figure 2. Un tube de type BWO comprend un insert I et une structure périodique P. Une distance d définit la période de la structure périodique. Un tube micro-onde de type BWO est optimisé pour une fréquence F unique. Il n'est donc efficace que dans une bande de fréquence ΔF très étroite, et d'autant plus étroite que la puissance de sortie est importante (typiquement $\Delta F/F < 5\%$).

De façon générale, les tubes micro-onde mentionnés ci-dessus sont optimisés pour travailler à une fréquence fixe et les moyens connus pour faire varier la fréquence du tube conduisent toujours à une dégradation importante des performances du tube.

L'invention ne présente pas cet inconvénient.

Exposé de l'invention

En effet, l'invention concerne un tube micro-onde pour la génération d'une onde électromagnétique de fréquence F , caractérisé en ce qu'il comprend des moyens mécaniques pour faire varier la fréquence F constitués d'un ensemble d'anneaux définissant une structure périodique à l'intérieur du tube, et de moyens mécaniques pour déplacer les anneaux les uns par rapport aux autres tout en maintenant une périodicité à la structure périodique lors du déplacement des

anneaux.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, les moyens mécaniques pour déplacer les anneaux comprennent un ensemble de contacts électriques 5 entre les anneaux, au moins une vis mère, un ensemble d'écrous montés sur la vis mère, un ensemble de tiges, chaque tige reliant solidement un écrou à un anneau, le tube étant muni d'au moins une fente permettant le passage de tiges dans la paroi du tube, la vis mère 10 comportant plusieurs secteurs de pas différents aptes à conserver une périodicité entre les anneaux lors d'une rotation de la vis mère.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les moyens mécaniques pour déplacer les 15 anneaux comprennent un ensemble de contacts électriques entre les anneaux, au moins un ensemble d'ergots, chaque ergot étant solidement relié à un anneau, le tube étant muni d'au moins une fente longitudinale permettant le passage des ergots dans la paroi du tube, 20 une bague externe au tube comprenant au moins un ensemble de fentes, chaque fente de la bague externe permettant le passage d'au moins un ergot, les fentes d'un ensemble de fentes ayant une inclinaison différente pour chaque anneau afin de conserver une 25 périodicité aux différents anneaux lors du déplacement des anneaux.

Avantageusement, quel que soit le mode de réalisation de l'invention, les moyens mécaniques pour faire varier la fréquence F comprennent donc au moins 30 une fente longitudinale pratiquée dans le tube et

permettant le passage de moyens d'entraînement de l'ensemble des anneaux.

Selon une caractéristique supplémentaire, le tube micro-onde selon l'invention est un TOP, un tube 5 de type BWO, un klystron, un magnétron, un carcinatron ou un maser.

Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, la structure périodique du tube micro-onde est en tôle ondulée.

10 L'invention présente l'avantage de pouvoir faire varier la fréquence F de l'onde électromagnétique émise dans une importante plage de variation, à savoir plusieurs dizaines de pour cent, tout en conservant les performances d'amplification de l'onde électromagnétique existant dans les sources de puissance travaillant à fréquence fixe.

15 L'invention s'applique avantageusement à toute source de puissance radioélectrique constituée d'un faisceau d'électrons circulant à travers une structure comportant des variations de forme périodiques ou non périodiques.

20 La source intégrée selon l'invention comprend une structure géométrique ondulée périodique qui permet d'obtenir une variation de fréquence par un procédé mécanique permettant soit une modification du pas de la 25 structure périodique constituée, par exemple, de tôle ondulée, soit une variation de la longueur d'un insert, soit encore d'une combinaison des deux structures.

30 Ce système intégré permet avantageusement une modulation rapide des paramètres que sont la fréquence et la puissance du signal radiofréquence. Le système

est facilement automatisable et apte à être commandé rapidement de l'extérieur, sans avoir à modifier le fonctionnement du faisceau d'électrons.

Ce système intégré est particulièrement bien 5 adaptable aux tubes hyperfréquence de type BWO. Il remplace alors les structures périodiques en place et/ou les inserts. Il est également facilement adaptable à d'autres types de tubes. Il peut également être associé à d'autres systèmes prévus pour permettre 10 une variation de la fréquence de sortie d'un signal. Il permet alors avantageusement d'accroître l'efficacité et le domaine de fonctionnement du système.

La fréquence rayonnée par un tube selon 15 l'invention peut avantageusement être choisie dans une plage significative, par exemple plusieurs dizaines de %, sans écroulement de la puissance de sortie, les autres paramètres du tube (tels que, par exemple, la tension et le courant du faisceau d'électrons) n'étant pas modifiés.

20

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de 25 l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures jointes, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un schéma de principe de tube micro-onde selon l'art connu ;
- la figure 2 représente un schéma de principe de tube BWO selon l'art connu ;
- 30 - les figures 3A et 3B représentent un premier mode de réalisation de tube micro-onde selon l'invention ;

- les figures 4A et 4B représentent un deuxième mode de réalisation de tube micro-onde selon l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

5

Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

Un premier mode de réalisation de l'invention est représenté aux figures 3A et 3B.

10 La structure électromécanique de réglage de la fréquence du tube micro-onde comprend une partie fixe et une partie mobile.

15 La partie fixe est constituée de la paroi longitudinale 3 du tube dans laquelle est pratiquée au moins une fente de guidage G.

La partie mobile comprend :

20 - au moins une vis mère 4,
- des écrous 5 montés sur la vis mère 4,
- un ensemble de tiges 6 et un ensemble d'anneaux (par exemple quatre anneaux A, B, C, D), chaque tige 6 reliant solidement un écrou à un anneau, les anneaux étant montés à l'intérieur de la paroi 3 du tube,
- des contacts électriques 2 entre les anneaux.

25 La ou les fentes de guidage G permettent le passage des tiges 6 dans la paroi longitudinale 3 du tube afin de relier les écrous 5 aux anneaux. Un anneau vu en coupe (cf. figures) est, par exemple, profilé comme une jante.

30 Lors du réglage de la fréquence, la vis mère est animée d'un mouvement de rotation, lequel entraîne les écrous 5, les tiges 6, les anneaux A, B, C, D et

les contacts électriques 2 dans un mouvement de translation. Selon une variante du premier mode de réalisation, l'anneau A peut être relié à une pièce mécanique p qui peut alors coulisser dans le tube 3.

5 La vis mère 4 est monobloc. Elle est constituée de plusieurs plages de filetages différents adaptés à chacun des écrous 5. Une seule vis mère est théoriquement suffisante à la mise en œuvre de l'invention. A titre d'exemple non limitatif, la figure 10 3A illustre le cas où le dispositif comprend deux vis mères. La deuxième vis, quand elle est utilisée, doit alors tourner en synchronisme parfait avec la première vis mère. La qualité de la translation des anneaux s'en trouve améliorée du fait de la symétrisation des points 15 d'applications du mouvement.

Une vis mère comporte plusieurs secteurs de pas différents pour conserver au système, lors de la rotation de la vis mère, une même distance entre les sommets de la structure ondulée périodique que 20 constituent les anneaux.

Soit $L(AB)$ la distance entre les anneaux A et B, $L(BC)$ la distance entre les anneaux B et C et $L(CD)$ la distance entre les anneaux C et D.

Soit (a) le pas de l'écrou solidaire de 25 l'anneau A, (2a) le pas de l'écrou solidaire de l'anneau B, (3a) le pas de l'écrou solidaire de l'anneau C, (4a) le pas de l'écrou solidaire de l'anneau D.

30 Lorsque la vis mère tourne de 180° , l'anneau A se déplace de $(3,1416) \times (a)$, l'anneau B se déplace de $(3,1416) \times (2a)$, l'anneau C se déplace de $(3,1416) \times$

(3a), l'anneau D se déplace de (3,1416) x (4a). Il vient :

$$L(AB) = (3,1416)(2a-a) = (3,1416)a,$$

$$L(BC) = (3,1416)(3a-2a) = (3,1416)a,$$

5 $L(CD) = (3,1416)(4a-3a) = (3,1416)a.$

Il s'en suit que :

$$L(AB) = L(BC) = L(CD) = (3,1416)a,$$

la périodicité de la structure est conservée. Elle varie linéairement en fonction de la rotation de la
10 vis.

Les figures 4A et 4B représentent un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, la variation de la périodicité des anneaux
15 est basée sur la rotation d'une bague équipée de fentes à l'intérieur desquelles peuvent se déplacer des ergots reliés aux structures ondulées périodiques. L'inclinaison de ces fentes est telle qu'elle permet de conserver une périodicité.

20 Le tube 3 est le même que celui du montage précédent. Chaque anneau placé à l'intérieur du tube 3 est solidaire d'un ergot 7. Un ergot 7 se déplace à l'intérieur de deux fentes situées sur deux pièces indépendantes, à savoir le tube fixe 3 et une bague
25 externe 8. Une première fente 9 placée sur le tube fixe 3 n'autorise que des mouvements de translation des anneaux dans la direction longitudinale du tube. Un ensemble de fentes 10, placées sur la bague externe 8, permettent de fixer l'étendue des variations de la
30 période de la structure périodique. Elles correspondent aux différents pas de la vis mère 4 du montage

précédent et assure la même fonction. Les fentes 10 ont une inclinaison différente pour chaque anneau afin de conserver, lors du déplacement des anneaux, une périodicité aux différents anneaux.

5 Il y a, sur la bague externe 8, autant de couples de fentes 9, 10 et d'ergots 7 que d'anneaux à déplacer à l'intérieur du tube 3.

La bague externe 8 peut donc ici être assimilée à un ensemble de couples vis-mère/écrous du dispositif 10 selon le premier mode de réalisation de l'invention.

Selon le mode de réalisation représenté aux figures 4A et 4B, le tube 3 ne comprend qu'une seule fente longitudinale 9 et la bague externe 8 ne comprend qu'un seul ensemble de fentes 10. L'invention concerne 15 également le cas où le tube 3 comprend, par exemple, deux fentes longitudinales 9, les deux fentes longitudinales étant alors disposées de façon symétrique sur le tube 3, et où la bague externe comprend alors deux ensembles de fentes 10, le deuxième ensemble de fentes 10 étant associé à la deuxième fente longitudinale pour assurer le déplacement des anneaux 20 selon le principe de l'invention.

Quel que soit son mode de réalisation, le mécanisme selon l'invention est automatisable, 25 pilotable rapidement de l'extérieur et à volonté sans modifier le fonctionnement du faisceau d'électrons.

Les deux modes de réalisation décrits ci-dessus ne sont donnés qu'à titre d'exemples. Tout système mécanique permettant de faire varier rapidement la 30 position des anneaux à l'intérieur du tube tout en maintenant une périodicité des anneaux peut également

convenir.

Les deux modes de réalisation de l'invention décrits ci-dessus peuvent facilement être couplés à des moteurs pas à pas, à des vérins placés soit à 5 l'intérieur du tube, soit à l'extérieur du tube (les mouvements étant alors effectués par l'intermédiaire de passages étanches). Le système selon l'invention peut être adapté à plusieurs catégories de sources, sans remise en cause du principe de base.

10 Selon un perfectionnement de l'invention, le tube micro-onde peut également comporter un insert dont la longueur peut être ajustée. Un tel ajustement est mis en œuvre par le déplacement d'un deuxième tube dans le tube 3, avec conservation de la continuité 15 électrique. Ce perfectionnement n'est pas utilisé en soi pour faire varier la fréquence du tube. Il peut permettre, par exemple, d'adapter la longueur totale du tube (insert + structure périodique) aux variations de longueur de la structure périodique.

REVENDICATIONS

1. Tube micro-onde (3) pour la génération d'une onde électromagnétique de fréquence F, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens mécaniques pour faire varier la fréquence F constitués d'un ensemble d'anneaux (A, B, C, D) définissant une structure périodique à l'intérieur du tube, et de moyens mécaniques (4, 5, 2, G ; 7, 8, 9, 10) pour déplacer les anneaux les uns par rapport aux autres tout en maintenant une périodicité à la structure périodique lors du déplacement des anneaux.
5
2. Tube micro-onde (3) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens mécaniques pour déplacer les anneaux comprennent un ensemble de contacts électriques (2) entre les anneaux, au moins une vis mère (4), un ensemble d'écrous (5) montés sur la vis mère, un ensemble de tiges (6), chaque 10 tige reliant solidement un écrou à un anneau, le tube (3) étant muni d'au moins une fente (G) permettant le passage de tiges (6) dans la paroi du tube, la vis mère (4) comportant plusieurs secteurs de pas différents aptes à conserver une périodicité 15 entre les anneaux lors d'une rotation de la vis mère.
20
3. Tube micro-onde (3) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens mécaniques pour déplacer les anneaux comprennent un ensemble de contacts électriques (2) entre les anneaux, un 25

ensemble d'ergots (7), chaque ergot étant solidement relié à un anneau, le tube (3) étant muni d'au moins une fente (9) longitudinale permettant le passage des ergots (7) dans la paroi du tube, une bague externe (8) au tube comprenant un ensemble de fentes (10), chaque fente (10) de la bague externe (8) permettant le passage d'un ergot (7), les fentes de l'ensemble de fentes ayant une inclinaison différente pour chaque anneau afin de conserver une périodicité aux différents anneaux lors du déplacement des anneaux.

4. Tube micro-onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que c'est un TOP, un tube de type BWO, un klystron, un magnétron, un carcinatron ou un maser.
5. Tube micro-onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure périodique est en tôle ondulée.
6. Tube micro-onde selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un insert dont la longueur peut être ajustée.

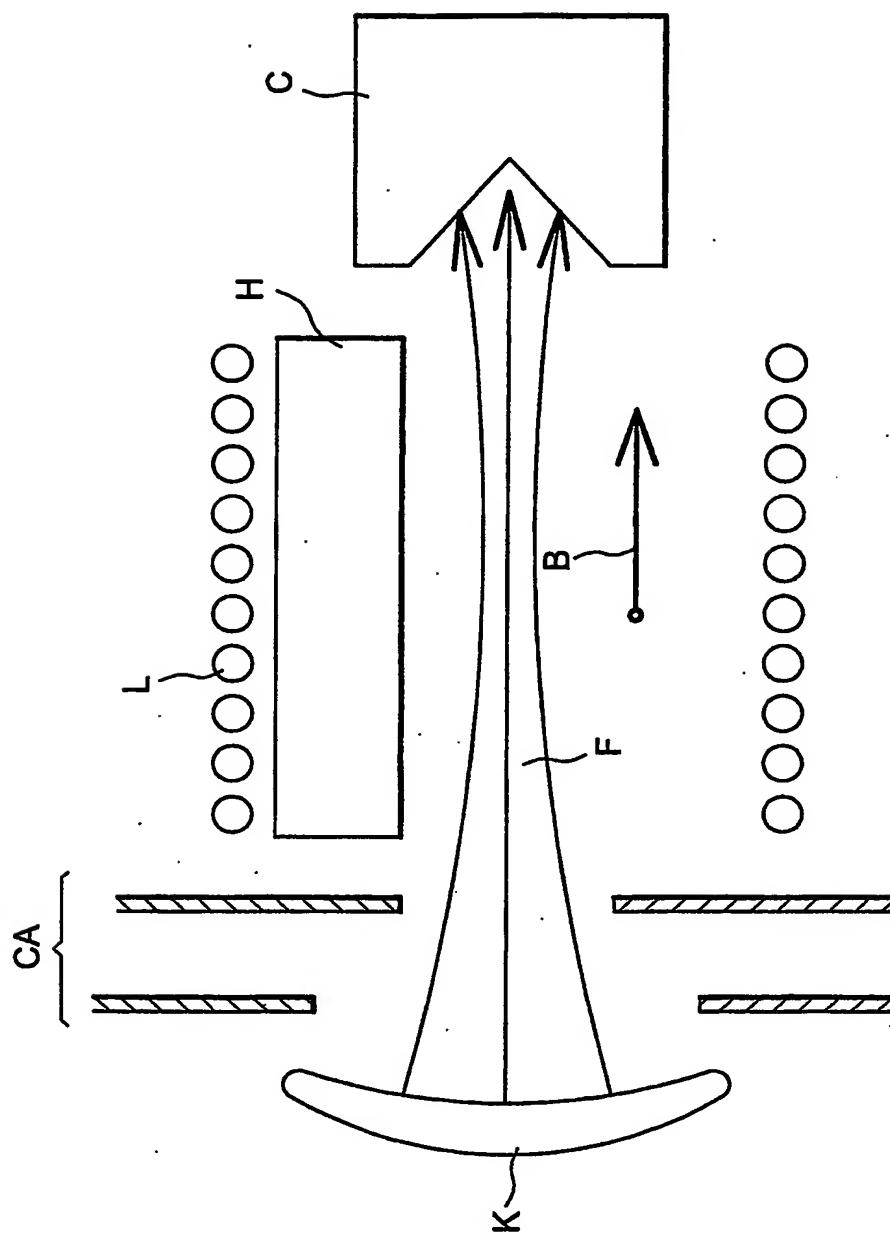


FIG. 1

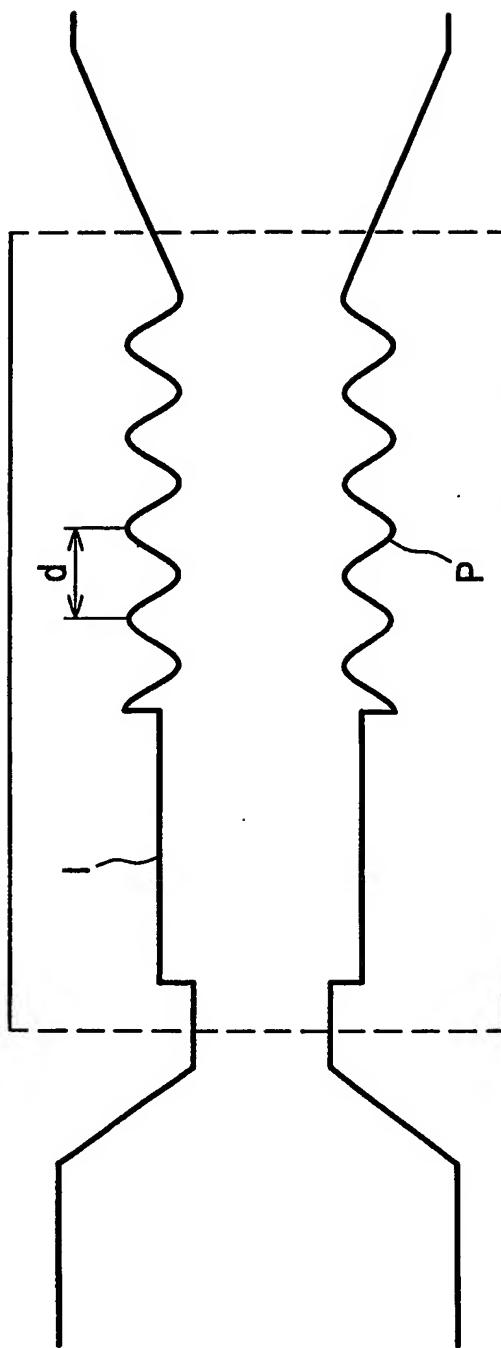


FIG. 2

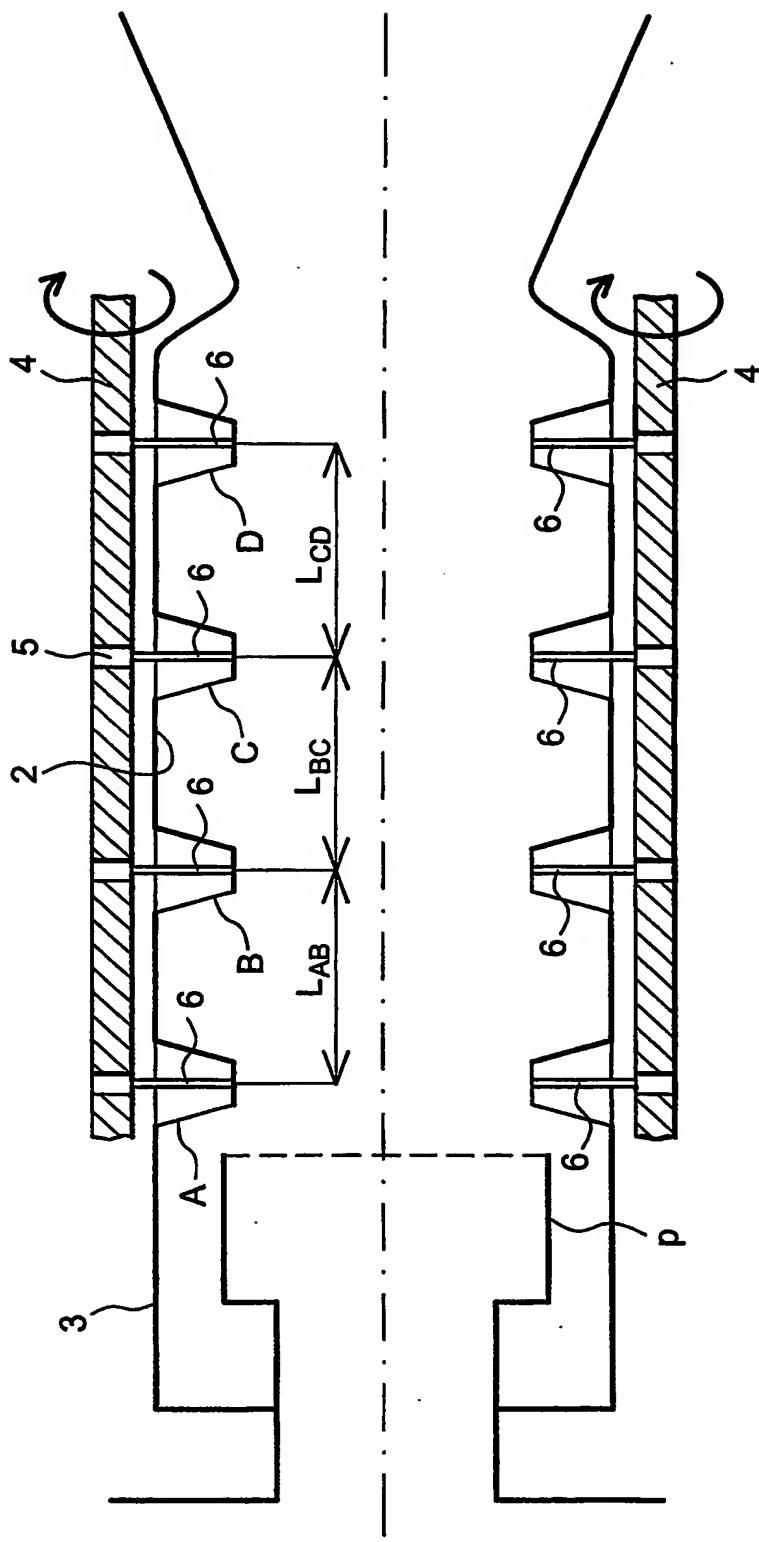


FIG. 3A

4 / 6

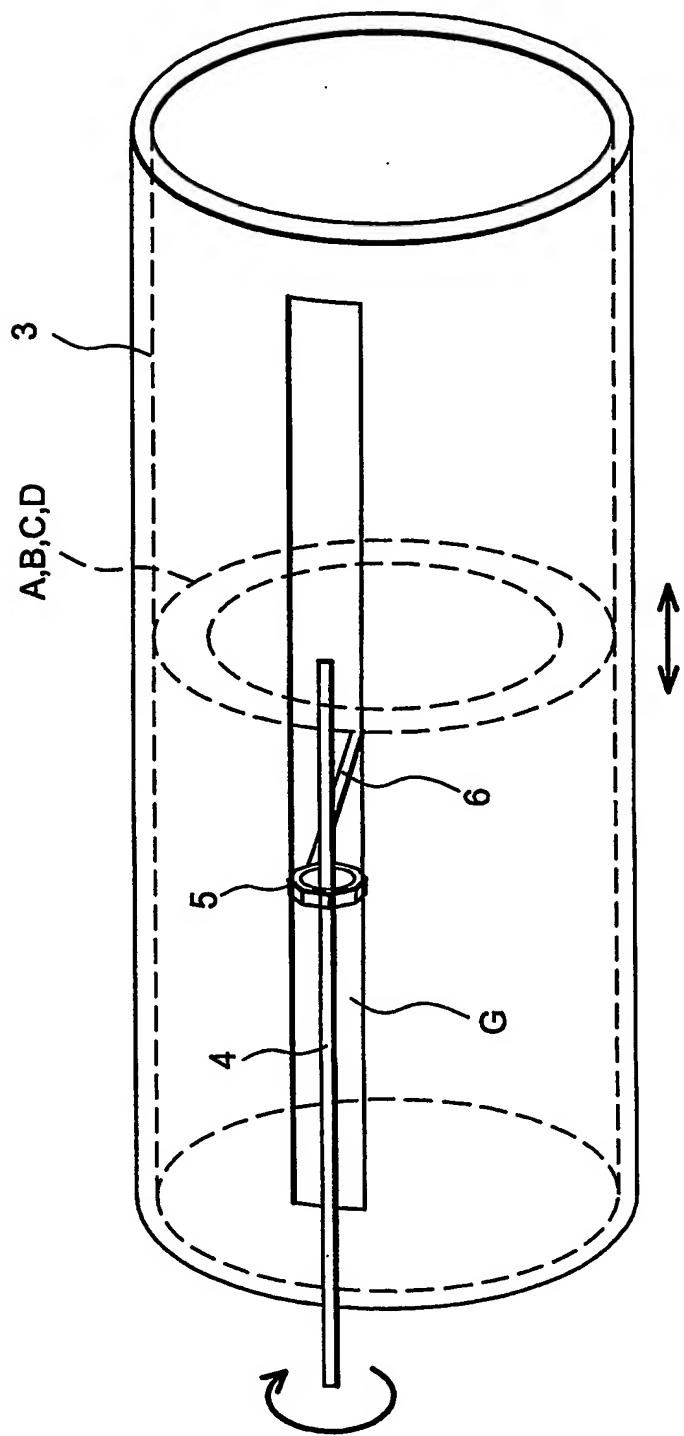


FIG. 3B

5 / 6

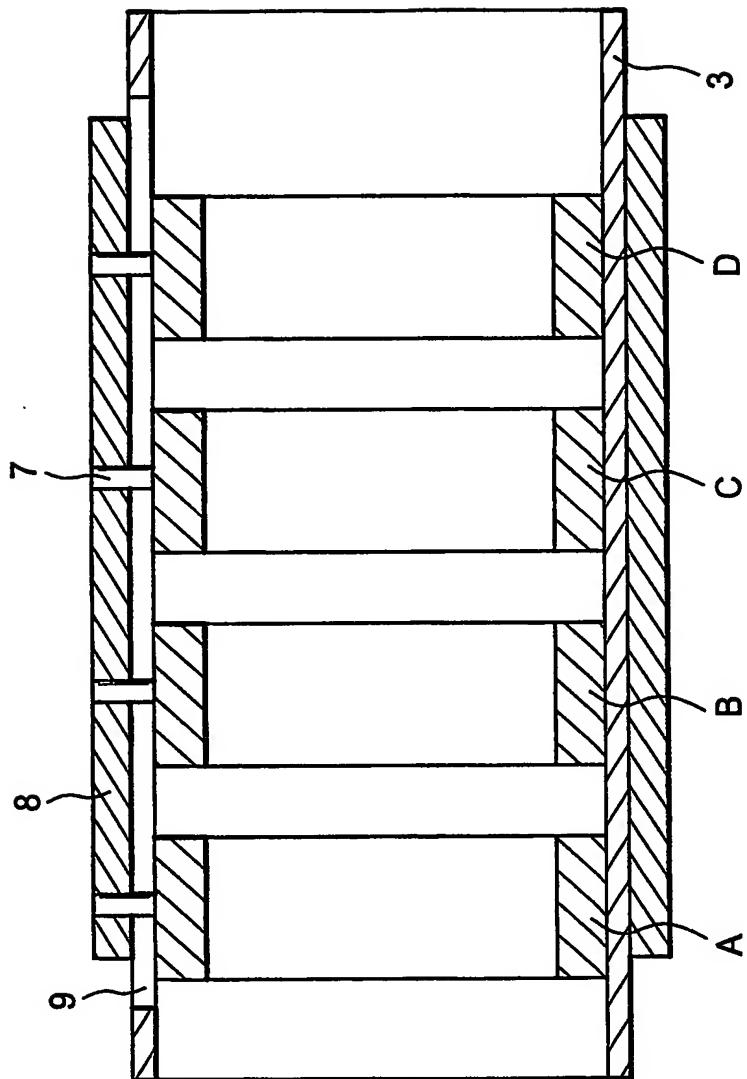


FIG. 4A

6 / 6

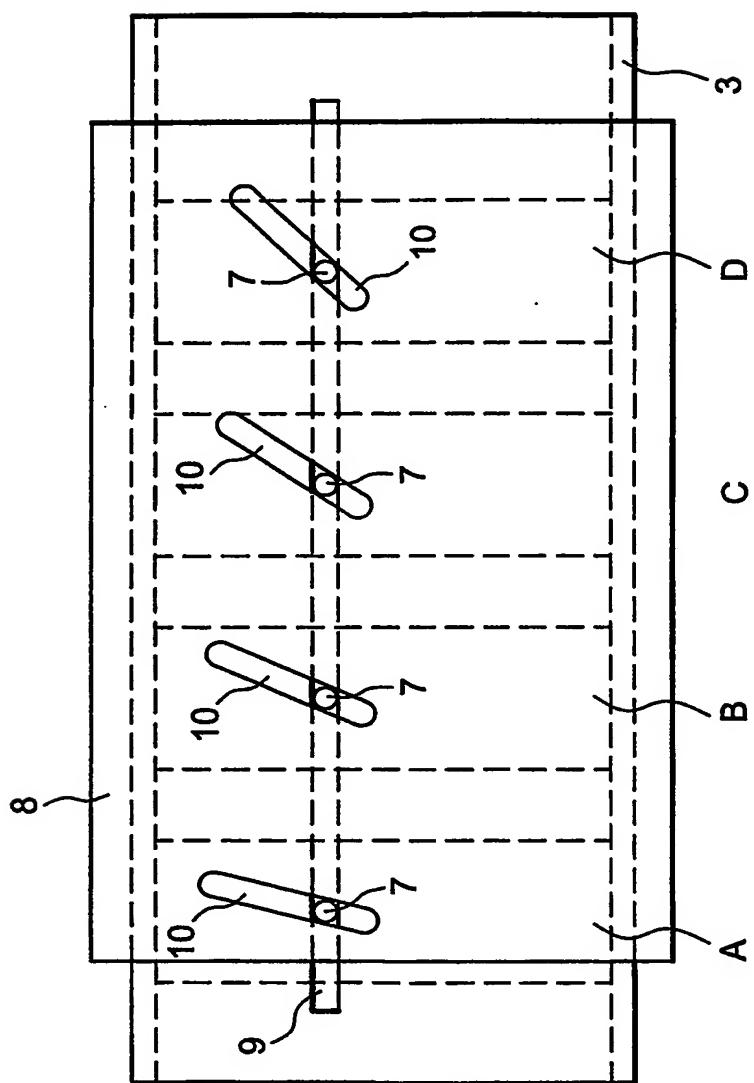


FIG. 4B